連載 オーディオ計測の散歩道

# 2音法を利用したオーディオ測定

## (3) スピーカでの基礎実験

■小倉幸一■

### 2音入力に対する機器と回路のレスポンス

入力2音の可変部についてまとめておきます．2音は以下，A音，B音とします．

A音はバースト・ジェネレータが信号源で，先行波として使います．

B音は連続波とエレクトロSWの組み合わせによるバースト波で，こちらは立ち上がり，立ち下がりの時間が調整できます．

A，B両音の基本的発生パターンを第1図に示します．

2音に対するレスポンスの注目点は，先行するA音のB音のレスポンスに対する影響です．この場合，両音の時間的近接関係が主要なパラメータの1つになります．2音発生の話（5月号第4図）で$T_g$として規定しておきました（ギャップの意）．

なお，筆者は大文字Tは時間，小文字tは時点を表すときの表記法として決めて使っています．

実験のパラメータをまとめておきましょう．基本的には信号源A音を先行波とし，

- 周波数：20 Hz〜100 kHz
- 波形：サイン，方形，三角，パルス
- 波数：1波から任意（整数）．この場合，波数を変えると発生時間（$T_{b1}$）が変わってきますから，当然$T_g$も変わってきます．
- 2音間隔$T_g$：先月号の発生構造で述べたとおり，A音，B音はそのスタート時点がセットされますから，A音の波数を変えると$T_g$は変わってきます．A音の波数を多くすると，尾部はB音に重なってきます．この重なり時間を$-T_g$とします．
- B音：このレスポンスを見たいわけですから，周波数範囲は20 Hzから20 kHzとします．

《写真A》測定風景

A音と違って，こちらは立ち上がり，立ち下がりをエンベロープで見て可変できます．第2図に代表例を示します．立ち上がり，立ち下がりのエンベロープは直線とエクスポネンシャルです．

時間は波数でなく，msec時間でセットします．このmsec時間は任意にセットできますが，10 msecから100 msec程度を基本としてスタートします．

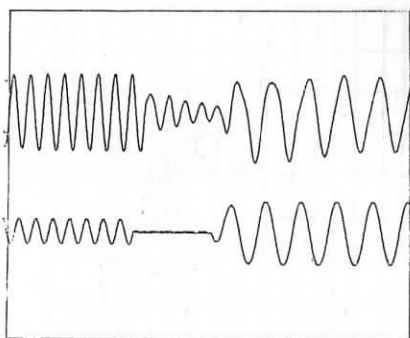
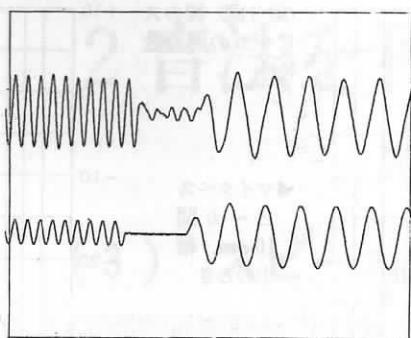
### スピーカの特性を見る

手元の裸スピーカで基本実験をしてみます．

#### (1) 楕円スピーカ

連続波でf特をとってみます．第3図に示しますが，ここで2.57 kHzに大きなディップがあります．これは，コーンの各部からの音波（机上からの反射を含む）の合成点のレスポンスとして考えれば，互いに打ち消し合った特異点とも考えられますから，マイクとの間隔を変えれば，

〈第1図〉A，B音の発生パターン

〈第2図〉B音の発生のさせかた

〈第5図 A〉 A音の尾がB音の頭にかぶる．
A：1200 Hz，B：550 Hz

〈第5図 B〉 比較的ダンピングのいい点．
A：1600 Hz，B：550 Hz

が，これは2音法の利点となりましょう．この意味での用法としては，$T_g$を広く取ってA音の影響を受けないようにした方がベターです．

つぎは**第9図**です．

**第9図**は，周波数は変えないでマイクとの間隔を広くしたものです．ここまで10 cmであったものを22 cmとしました．波形を見ながらマイクを動かしたところが22 cmであったという，順序です．

マイク位置による激変（A音はf特ピーク時のレスポンス）は，いままでの波形が特定の測定条件によって得られたもので，スピーカ特有のものでないことを示しています．

この基礎実験は2音法のテストなので，マイク位置の変更（移動）を実験のための実験として実施しましたが，実際にスピーカの特性検査については，十分気をつけなければならないところです．特に，無響室でない家庭の部屋の場合忘れてならないところです．

実際には，マイク間隔を変えてその特性変化に注目すべきです．もっとも，マイク位置での部屋も含めた特性ということであれば，ディップもピークもそのまま受け入れなければなりませんが……．

**第9図**で見ていただきたいのは，B音のレスポンスです．A音に比べて比較的忠実に再生しています．この場合（位置関係）での特性，ということであれば，及第点でしょう．

## リサージュ図形での判断

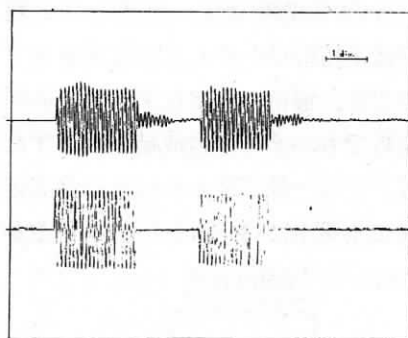
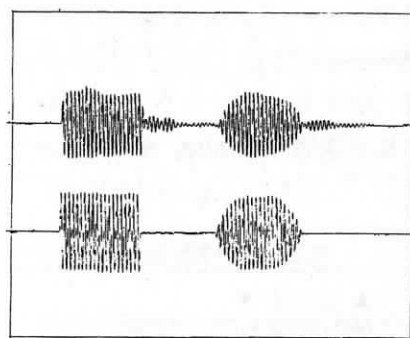
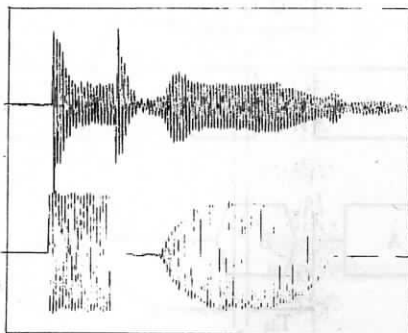
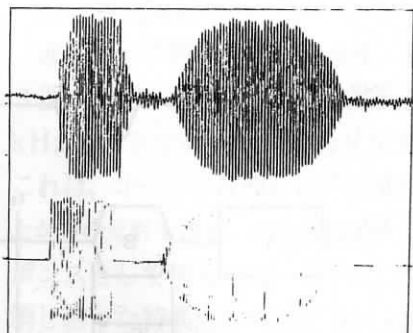
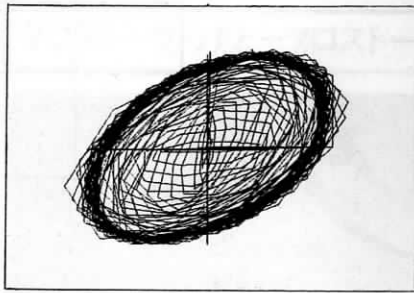
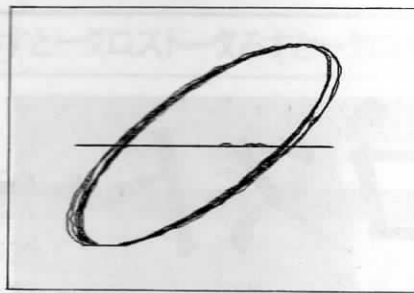
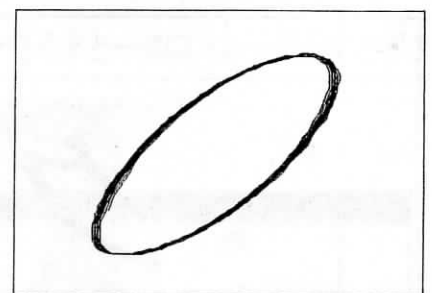
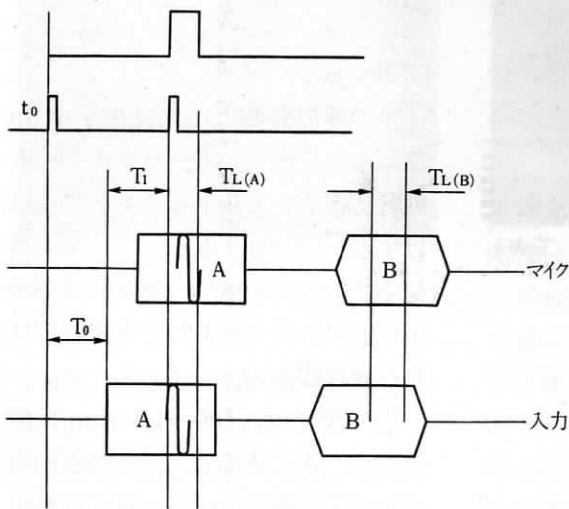
ここまで，波形を直接比較してきました．信号入力とマイク出力の2者を目を凝らせて比較してきました．ここで2者を1つの結果にまとめて表示するリサージュ・パターンを作ってみましょう．

**第10図**を見てください．これは単純に入力とマイク出力でリサージュを作ったものです．楕円であることから，ある位相角をもっていることはわかりますが，今はその角度を問題にするのでなく，入力A音とマイク出力のパターンとB音のそれとを比較しようということです．

ただ，**第10図**では何のことかかえってわからなくなってしまいます．A音の入出力，B音の入出力とを分けなければなりません．

筆者の技法を**第11図**に示します．基本的な必要条件としては，入出力波形が同一時間に存在していること，出力信号がマイクであれば，間隔分だけ時間おくれができ，波形の同じ部分の比較はできません．これが，図形の角度（位相）を測ることの無意味さを示しています．

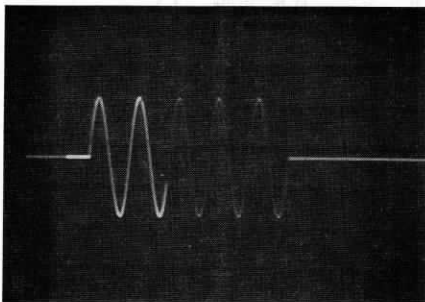
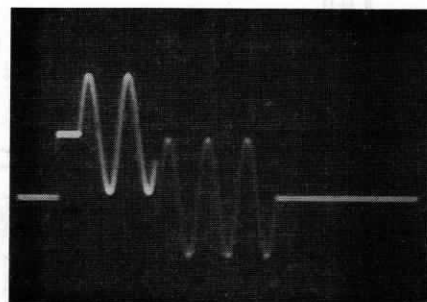
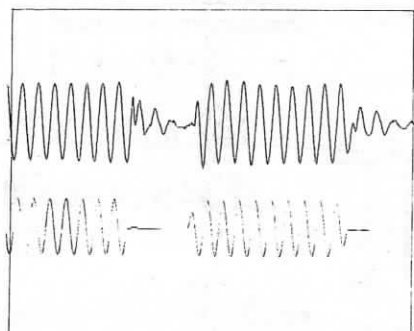
ここでは，あくまでA音入出力とB音入出力の比較です．そのパターン間に変化がなければ，B音はA音の影響を受けていない，ということがわかるわけです．パターンに変化があったとしても，あくまで変化の有無を敏感に見つける技法ということで，その内容を直接的に現すわけではありません．素通りしていいか，立ち止まるべきかを教えてくれる信号のようなものです．

**第11図**で内容は見当がついたと思いますが，簡単に補足しておきま

〈第6図〉 A，Bとも11 kHz

〈第7図〉 Bに立ち上がり5 msの時間をつける

〈第8図〉 ディップ点2.57 kHzのレスポンス

〈第9図〉 マイク距離22 cmのとき

〈第10図〉A入力と第5図B出力のリサージュ

〈第12図〉A音入出力のリサージュ

〈第13図〉B音入出力のリサージュ

◀〈第11図〉
入力とマイク出力のリサージュ
波形発生のタイム・チャート

す．A音サイドを見てください．

A音発生のために $t_0$ から $T_d$ だけおくれた信号をつくっていました（7月号参照）が，さらにそれより後の $t_1$ を作ります．それをトリガとしてリサージュを見たい時間 ($T_L$) のパルスを作ります．

このパルスでオシロに輝度変調をかけるのも一法ですが，筆者はディジタル・メモリを使いました．その区間の入出力2波形をメモってしまいます．もちろん $T_L$ は連続可変ですから，任意の1波形でもピックアップできます．

ただし，このためにはアクセサリ回路があった方が便利です．それは $T_L$ パルスを使ってオシロに輝度変調をかけ，その波形だけを明るくする**写真B**のようなものと，同じく**写真C**のように $T_L$ パルスと波形をミックスして，その部分だけオシロ画面上波形をずらす方法とがあります1長1短で好みの問題かも知れません．筆者は，監視用オシロ上で適当に併用しています．

《写真B》輝度変調をかけた波形

《写真C》Trをミックスして波形をずらす

〈第14図〉立ち上がり1ms時のB音

〈第15図〉立ち上がり5msのB音

具体的にこの場合の結果を示しましょう．

**第12図**がA音，**第13図**がB音です．これをいっしょにオンラインで重ねたり並べたりして比較するには，6月号の2ビーム・オシロを使います．ここでは計測というより，実験による発見を楽しむ……，という気分のほうが強いかもしれません．

**第12，13図**から両者とも同様な動作（パターン，音環境）といえるでしょう．

いままでエンベロープで見てきましたが，ここで波形に注目してみます．**第14，15図**がB音の立ち上がり（立ち下がり）時間を変えたときのレスポンスを，波形の点から見たものです．

A，B両者の関係というよりバースト，ピップ音のレスポンスという点から観察すると，波形が微妙に違っていることがわかります．これは加算平均したものですから，ノイズ的なものが混入した結果ではありません．遮音，防音していない部屋でのこの種の実験には，加算平均処理が，結果の忠実性やS/Nの点から必要不可欠な計測法といえます．